

- [6] Сафонов В.Л. // ФТТ. 1992. Т.34. № 1. С.304-306.
[7] Андриенко А.В., Ожогин В.И., Сафонов В.Л., Якубовский А.Ю. // ЖЭТФ. 1985. Т.89. № 6. С.2164-2173.
[8] Андриенко А.В., Сафонов В.Л., Якубовский А.Ю. // ЖЭТФ. 1987. Т.93. № 3. С.907-917.

Институт атомной энергии
им.И.В. Курчатова
Москва

Поступило в Редакцию
4 ноября 1992 г.

© Физика твердого тела, том 35, № 4, 1993
Solid State Physics, vol. 35, N 4, 1993

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ Mg НА КИНЕТИКУ НЕСТАЦИОНАРНОГО ФОТООТКЛИКА КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ИОНАМИ Fe

Е.Л. Лебедева

Известно, что легирование является способом управления фоторефрактивными свойствами кристаллов ниобата лития. Так, примесь Fe^{3+} увеличивает фоторефрактивную (ФР) чувствительность, а примесь более 4.5 мол.% Mg значительно ее уменьшает [1,2]. Для выяснения влияния примеси Mg на ФР эффект в [2] изучались фотогальванический эффект (ФГЭ) и фотопроводимость в стационарном режиме возбуждения. Показано, что легирование Mg не оказывает влияния на ФГЭ. Уменьшение ФР эффекта при легировании Mg авторы связывают с возрастанием фотопроводимости.

В настоящей работе исследовался нестационарный фотоотклик кристаллов $LiNbO_3:Fe$ 0.05 мол.% и $LiNbO_3:Fe$ 0.05 мол.% Mg 5 мол.%. Кристаллы выращивались из конгруэнтного расплава методом Чохральского. $LiNbO_3:Fe$, Mg выращивался из шихты такого же состава, что и $LiNbO_3:Fe$, с добавлением MgO. Источником излучения служили первая (1.06 мкм) и вторая гармоники (0.53 мкм) лазера на АИГ: Nd^{3+} . Длительность лазерного импульса 15 нс, частота повторения импульсов 12.5 Гц, интенсивность падающего излучения до 10^8 Вт/см². Кристаллы вырезались вдоль кристаллофизических осей x , y , z . Фотоотклик регистрировался конденсаторным методом. Временное разрешение регистрирующего устройства 10^{-9} с. Измерялась импульсная разность потенциалов, возникающая на обкладках конденсатора с исследуемым кристаллом вдоль оси z , которая индуцируется поляризованной лазерным излучением областью кристалла. Исследовались зависимости формы фотоотклика от интенсивности и длины волны падающего излучения, а также от зарядового состояния примеси Fe. Изменение зарядового состояния примеси Fe достигалось отжигом в вакууме и атмосфере кислорода. Измерения проводились при комнатной температуре и температуре жидкого азота.

На длине волны 0.53 мкм передний фронт фотоотклика кристалла нарастал по интегралу от лазерного импульса (рис. 1) с последующим

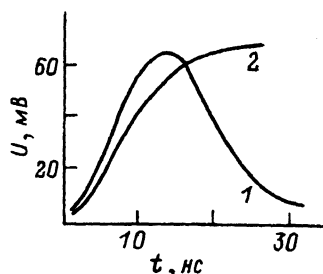


Рис. 1. Огибающая лазерного импульса (1) и интеграл от лазерного импульса (2).

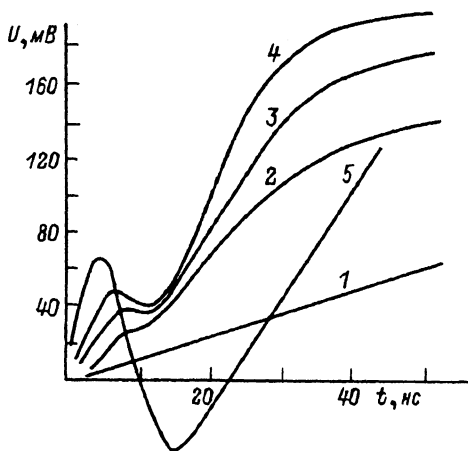


Рис. 2. Фотоотклик кристалла $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ при различных уровнях интенсивностей. Кривые 1-4 при $T = 300$ К, $I_n/I_{n+1} = 2.5$, $n = 1, 2, 3, 4$, $I_4 = 10^8$ Вт/см²; кривая 5 при $T = 77$ К.

экспоненциальным спадом порядка 10^{-5} с как для $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$, так и для $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}, \text{Mg}$. Аналогичное поведение кинетики фотоотклика наблюдалось в работах [3,4], в которых исследовался импульсный фотоотклик LiNbO_3 , легированного элементами переходной группы, вблизи собственного или примесного поглощения.

На длине волны 1.06 мкм наблюдалось anomальное поведение переднего фронта фотоотклика в кристаллах $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ (рис. 2), которое заключалось в том, что он был затянут по сравнению с интегралом от лазерного импульса при направлении вектора поляризации падающей волны E параллельно вектору спонтанной поляризации P . При увеличении интенсивности лазерного излучения на переднем фронте появлялся импульс обратной полярности, возрастающий пропорционально интенсивности падающего излучения. При понижении температуры до азотной импульс обратной полярности увеличивался так, что суммарный сигнал становился знакопеременным (рис. 2). При отжиге $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ в атмосфере кислорода затягивание переднего фронта фотоотклика по сравнению с интегралом от лазерного импульса увеличивалось еще больше.

Anomальное поведение переднего фронта фотоотклика кристаллов $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ на $\lambda = 1.06$ мкм устранялось в следующих случаях: при повороте вектора поляризации падающего излучения на 90° ($E \perp P$, 300 К), при восстановлении кристаллов в вакууме; при легировании $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ примесью Mg. В перечисленных случаях фотоотклик нарастал по интегралу от лазерного импульса.

Следует отметить, что возрастающая в восстановленных и легированных Mg кристаллах $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ фотопроводимость не дает вклада в импульсный фотоотклик, так как ее вклад мог бы привести только к затягиванию фронта, чего не наблюдалось.

Возможным объяснением anomального поведения нестационарного фотоотклика на $\lambda = 1.06$ мкм в $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ может служить предположение о существовании в этих кристаллах тройных примесных комплексов, состоящих из ионов Fe^{2+} , являющихся донорами электронов, ионов Fe^{3+}

и кислородных вакансий v^0 , которые являются акцепторными центрами. Под действием света высокой интенсивности с $\lambda = 1.06$ мкм (1.16 эВ) происходит перезарядка двух примесных центров Fe^{2+} (2.5 эВ)– Fe^{3+} (3.65 эВ) без участия зоны проводимости с одновременным туннелированием дырки с Fe^{3+} на v^0 , поляризационным проявлением которого служит импульс обратной полярности. При повороте плоскости поляризации падающего излучения так, что $\mathbf{E} \perp \mathbf{P}$, возникает генерация второй гармоники (2.32 эВ), которая приводит к выбросу электрона с Fe^{2+} в зону проводимости. В этом случае фронт нарастает по интегралу от лазерного импульса. При легировании $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ ионами Mg [5] и восстановлении в вакууме происходит уменьшение количества центров Fe^{3+} и импульсный фотоотклик также обусловлен возбуждением электрона с уровня Fe^{2+} в зону. Аномальное поведение кинетики нестационарного фотоотклика в зависимости от интенсивности падающего излучения наблюдалось нами ранее в кристаллах CdS [6], для которых было доказано существование тройных примесных комплексов [6,7]. Возможность сравнения фотоотклика пироэлектрического кристалла LiNbO_3 и пьезоэлектрика CdS обусловлена тем, что в данных экспериментальных условиях пироэффект не дает вклада [4].

Таким образом, аномальное поведение фронта нарастания фотоотклика $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ при возбуждении импульсным светом с длиной волны 1.06 мкм обусловлено, по-видимому, оптической перезарядкой донорно-акцепторной пары Fe^{2+} – Fe^{3+} с участием акцепторного центра, в роли которого может выступать, например, кислородная вакансия. Следует заметить, что энергетическая структура примесных и дефектных состояний в кристаллах LiNbO_3 до конца не изучена. Поэтому вопрос о структуре тройных центров в ниобате лития, проявляющихся в данном эксперименте, нельзя считать окончательно решенным.

Автор благодарит В.Т.Габриеляна за предоставленные кристаллы ниобата лития.

Список литературы

- [1] Fan T.J., Shaw H.J. // J. Opt. Soc. Am. B. 1986. V. 3. N 1. P. 140–146.
- [2] Bryan D.A., Gerson R., Tomachke H.E. // Appl. Phys. Lett. 1984. V. 44. N 9. P. 847–849.
- [3] Занадворов П.Н., Лебедева Е.Л., Молдавская В.М., Коканян Э.П. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 7. С. 2015–2019.
- [4] Занадворов П.Н., Лебедева Е.Л., Норматов С.А. // Вестник СПбГУ. Сер. физ. 1992. В. 1. № 4. С. 19–23.
- [5] Маловичко Г.И., Грачев В.Г., Быков И.П., Глинчук М.Д., Лагута В.В., Коканян Э.П. // Тез. докл. XII Всес. конф. по физике сегнетоэлектриков. Т. 3. Ростов-на-Дону, 1989. С. 113.
- [6] Бережная А.А., Занадворов П.Н., Лебедева Е.Л., Степанов Ю.А. // ФТП. 1987. Т. 21. № 7. С. 1235–1237.
- [7] Богданюк Н.С., Галушка А.П., Остапенко С.С., Шейнкман М.К. // ФТП. 1984. Т. 18. № 2. С. 305–311.

Санкт-Петербургский
государственный университет

Поступило в Редакцию
22 июня 1990 г.
В окончательной редакции
16 ноября 1992 г.